

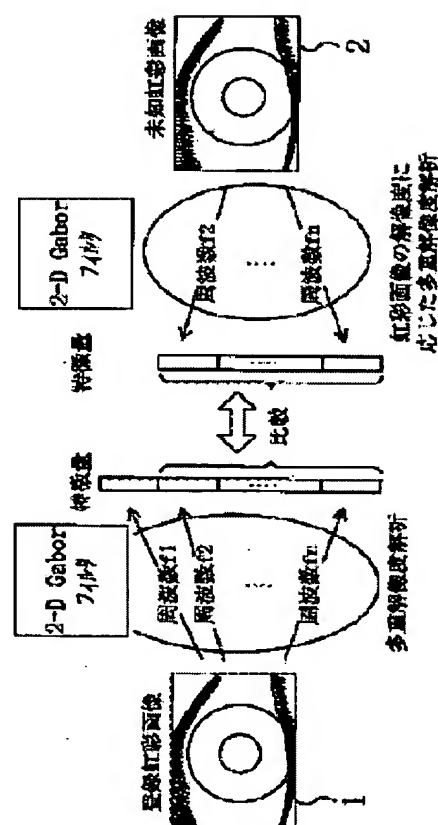
**INDIVIDUAL AUTHENTICATION METHOD AND DEVICE**

**Patent number:** JP2002259981  
**Publication date:** 2002-09-13  
**Inventor:** KONDO KENJI; UOMORI KENYA  
**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
- **International:** G06K9/00; G06K9/00; (IPC1-7): G06T7/00; G06F15/00; H04L9/32  
- **European:** G06K9/00S  
**Application number:** JP20010053602 20010228  
**Priority number(s):** JP20010053602 20010228

Report a data error here

**Abstract of JP2002259981**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress the lowering of authentication accuracy even when using various equipment in authenticating a person with biological information. **SOLUTION:** Frequency analysis using a plurality of frequencies  $f_1$  to  $f_n$  is performed about an iris image 1 picked up in registration to form feature quantity for each of frequency of  $f_1$  to  $f_n$ . On the other hand, the frequencies  $f_2$  to  $f_n$  to be used in frequency analysis for authentication is selected out of the plurality of frequencies  $f_1$  to  $f_n$  used in registration for authentication and frequency analysis using the selected frequencies  $f_2$  to  $f_n$  is performed about the picked up iris image 2 of a person to be authenticated to form feature quantities for each of the selected frequencies  $f_2$  to  $f_n$ . The formed feature quantities are compared with the feature quantities in registration related to the same frequencies for individual authentication.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-259981

(P2002-259981A)

(43)公開日 平成14年9月13日(2002.9.13)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 6 T 7/00	5 1 0	C 0 6 T 7/00	5 1 0 D 5 B 0 4 3
G 0 6 F 15/00	3 3 0	C 0 6 F 15/00	3 3 0 F 5 B 0 8 6
H 0 4 L 9/32		H 0 4 L 9/00	6 7 3 D 5 J 1 0 4

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2001-53602(P2001-53602)

(22)出願日 平成13年2月28日(2001.2.28)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 近藤 堅司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 魚森 謙也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 10007/931

弁理士 前田 弘 (外7名)

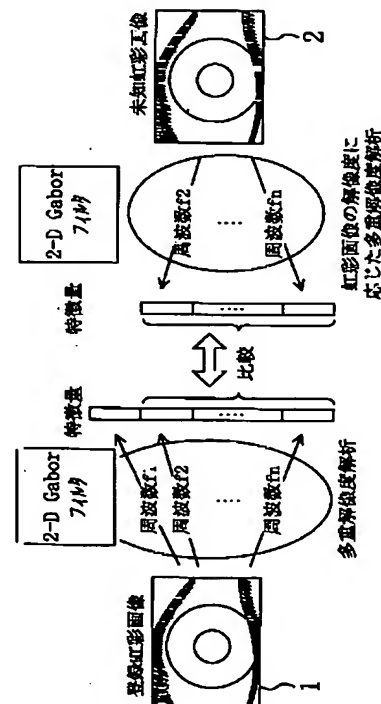
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 個人認証方法および装置

(57)【要約】

【課題】 生体情報を用いた個人認証において、様々な機器を認証に用いた場合でも、認証精度の低下を抑制する。

【解決課題】 登録時において、撮影した虹彩画像1について複数の周波数 $f_1 \sim f_n$ を用いた周波数解析を行い、各周波数 $f_1 \sim f_n$ 毎に特徴量を生成する。一方、認証時では、登録時に用いた複数の周波数 $f_1 \sim f_n$ の中から、認証のための周波数解析に用いる周波数 $f_2 \sim f_n$ を選択し、撮影した被認証者の虹彩画像2について、選択した周波数 $f_2 \sim f_n$ を用いた周波数解析を行い、各選択周波数 $f_2 \sim f_n$ 毎に特徴量を生成する。そして、生成した各特徴量を、同一周波数に係る登録時の特徴量とそれぞれ比較して、個人認証を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 生体情報を用いて個人認証を行う方法であって、

登録時において、

取得した生体情報について複数の周波数を用いた周波数解析を行い、各周波数毎に特徴量を生成して登録し、

認証時において、

前記複数の周波数の中から、認証のための周波数解析に用いる周波数を選択し、

取得した被認証者の生体情報について、選択した周波数を用いた周波数解析を行い、各選択周波数毎に特徴量を生成し、

生成した各特徴量を、同一周波数に係る登録時の特徴量とそれぞれ比較して、個人認証を行うことを特徴とする個人認証方法。

【請求項2】 請求項1記載の個人認証方法において、前記生体情報は、目の虹彩の画像であることを特徴とする個人認証方法。

【請求項3】 請求項2記載の個人認証方法において、認証時における周波数の選択を、認証時に撮影した虹彩画像の解像度を基にして行うことを特徴とする個人認証方法。

【請求項4】 請求項3記載の個人認証方法において、虹彩画像の解像度を、当該虹彩画像自体から求めることを特徴とする個人認証方法。

【請求項5】 請求項4記載の個人認証方法において、虹彩画像の解像度を、当該虹彩画像における虹彩と瞳孔との境界に対応した円周の長さに基づいて、求めることを特徴とする個人認証方法。

【請求項6】 請求項3記載の個人認証方法において、虹彩画像の解像度を、当該虹彩画像を撮影した機器に関する情報から求めることを特徴とする個人認証方法。

【請求項7】 請求項1記載の個人認証方法において、認証時における周波数の選択を、前記複数の周波数の各組み合わせ毎の認証精度に基づいて、行うことを特徴とする個人認証方法。

【請求項8】 請求項7記載の個人認証方法において、認証精度を、同一人同士の認証距離の分布と、他人同士の認証距離の分布とを用いて、算出することを特徴とする個人認証方法。

【請求項9】 請求項1記載の個人認証方法において、認証時における認証精度を、選択した周波数に応じて、推定することを特徴とする個人認証方法。

【請求項10】 請求項9記載の個人認証方法において、

認証精度の推定を、同一人同士の認証距離の分布と、他人同士の認証距離の分布とを用いて、行うことを特徴とする個人認証方法。

【請求項11】 請求項9記載の個人認証方法において、

推定した認証精度に応じて、被認証者を最終的に認証するか否かを判断することを特徴とする個人認証方法。

【請求項12】 請求項9記載の個人認証方法において、

推定した認証精度に応じて、認証後の被認証者に付与される権限を制御することを特徴とする個人認証方法。

【請求項13】 請求項9記載の個人認証方法において、

推定した認証精度に応じて、再認証を行うか否かを判断することを特徴とする個人認証方法。

【請求項14】 生体情報を用いて個人認証を行う装置であって、

登録時に取得した生体情報について複数の周波数を用いた周波数解析を行うことによって得られた、各周波数毎の特徴量を用い、

認証時において、

前記複数の周波数の中から、認証のための周波数解析に用いる周波数を選択し、

取得した被認証者の生体情報について、選択した周波数を用いた周波数解析を行い、各選択周波数毎に特徴量を生成し、

生成した各特徴量を、同一周波数に係る登録時の特徴量とそれぞれ比較して、個人認証を行うことを特徴とする個人認証装置。

【請求項15】 請求項14記載の個人認証装置において、

前記生体情報は、目の虹彩の画像であることを特徴とする個人認証装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、生体情報から周波数解析を用いて特徴量を得て、特徴量間の類似度に応じて個人認証を行う技術に属する。

## 【0002】

【従来の技術】人間の生体情報を用いて個体識別(Biometrics)を行う方法としては、指紋、虹彩、網膜上の血管パターン、顔などの情報を用いる多くの方法が提案されている。これらの中で、特に、虹彩を用いた個体識別は、(1)虹彩パターンは、カメラを用いて非接触によって取得可能であること

(2)虹彩パターンの複雑性に起因して、他人受け入れ率(FAR:False Accept Rate)がきわめて低いこと

(3)虹彩パターンは、ほぼ一生を通じて不変であることなどの理由から、今後、Biometrics認証の主流となる可能性がある。

【0003】虹彩画像から虹彩特徴量を抽出し識別を行う技術としては例えば、米国特許USP5,291,560号、日本国公表特許公報 特表平8-504979号、または「High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence」(I

EEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.15, No.11, Nov.1993)に開示されたものがある(ただし、これら3つの文献はほぼ同一内容である)。

【0004】これらの技術においては、虹彩画像をマルチスケールの自己類似的な2次元直角位相バンドパスフィルタ(例えばGaborフィルタ)を用いて、多重解像度で解析して特徴量(虹彩コード)を生成する。具体的な手順としては、識別されるべき人間の目のデジタル化されたイメージをビデオカメラによって獲得し、虹彩と強膜との境界、および虹彩と瞳孔との境界を決定することによって、虹彩領域を分離する。次に、分離された虹彩イメージ上に極座標系を設定した後、複数の環状解析帯域を決定する。そして、マルチスケールの直角位相バンドパスフィルタで構成された信号処理手段を用いて解析およびコード化を行う。このようにして生成された虹彩コード同士を、図24に示すように、コード間のハミング距離を算出することによって比較し、比較した虹彩コード同士が同一人物の虹彩から生じたものか否かを判断する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述の技術は、虹彩を登録する場合と照合する場合とで、予め定めた一定の解像度の撮像デバイスを用い、予め定めた一定の周波数帯域でマルチスケールの周波数解析を行うことを前提にしている。以上の前提では、専用の登録装置および認証装置が必要とされる。

【0006】これに対して、近年の携帯電話・携帯端末(PDA)の高機能化、通信帯域の大容量化などを鑑みると、近い将来、撮像デバイス(カメラ)付きの携帯電話・携帯端末によって虹彩画像を撮影し認証を行うことで、携帯電話・携帯端末へのログインを行ったり、電子商取引(EC)での認証、物理セキュリティを要する場所への入退室・家の鍵の代替などのアクセスコントロールへの利用が可能になってくることが考えられる。そのような場合、当初、携帯電話・携帯端末に内蔵または外付けされるような撮像デバイスは、比較的解像度が低いものが利用される可能性が高く、また、それぞれの機種によっては、撮像デバイスのスペックがそれぞれ異なることが考えられる。加えて、携帯電話・携帯端末だけでなく、ドアに設置された端末などさまざまな機器を通じて認証を行うことも考えられる。

【0007】このように、認証時に低解像から高解像までのさまざまな機器を通じて虹彩画像を撮影する場合、上述の従来技術を用いて、一定の周波数帯域で周波数解析を行うものとする、低解像度の画像が入力されたとき、高周波(具体的にはサンプリング周波数を $F_s$ とすると $F_s/2$ 以上の周波数成分)で解析を行った部分は、特徴量として有用なものではなくなる。したがって、これらの高周波で解析した部分をも特徴量の一部と

してしまうと、相関値全体の低下を招き、これにより、認証精度が低下する可能性がある。

【0008】前記の問題に鑑み、本発明は、生体情報を用いた個人認証において、例えば将来的に認証に様々な機器が用いられるようになって、認証精度の低下を抑制し、十分な認証精度を保つことができるようにすることを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決するために、請求項1の発明が講じた解決手段は、生体情報を用いて個人認証を行う方法として、登録時において、取得した生体情報について複数の周波数を用いた周波数解析を行い、各周波数毎に特徴量を生成して登録するものとし、認証時において、前記複数の周波数の中から認証のための周波数解析に用いる周波数を選択し、取得した被認証者の生体情報について、選択した周波数を用いた周波数解析を行い、各選択周波数毎に特徴量を生成し、生成した各特徴量を、同一周波数に係る登録時の特徴量とそれぞれ比較して個人認証を行うものである。

【0010】請求項1の発明によると、認証時に行う周波数解析の周波数を、登録時の周波数解析で用いた複数の周波数の中から、選択するものとしたので、例えば、全体の相関値を低下させるおそれがあり、認証精度の面からみて不要な周波数成分を、特徴量から除去することができる。したがって、認証精度の低下を抑制することができる。

【0011】請求項2の発明では、前記請求項1の個人認証方法における生体情報は、目の虹彩の画像であるものとする。

【0012】請求項3の発明では、前記請求項2の個人認証方法の認証時における周波数の選択を、認証時に撮影した虹彩画像の解像度を基にして行うものとする。

請求項4の発明では、前記請求項3の個人認証方法における虹彩画像の解像度を当該虹彩画像自体から求めるものとする。

【0013】請求項5の発明では、前記請求項4の個人認証方法における虹彩画像の解像度を、当該虹彩画像における虹彩と瞳孔との境界に対応した円周の長さに基づいて求めるものとする。

【0014】請求項6の発明では、前記請求項3の個人認証方法における虹彩画像の解像度を、当該虹彩画像を撮影した機器に関する情報から求めるものとする。

【0015】請求項7の発明では、前記請求項1の個人認証方法の認証時における周波数の選択を、前記複数の周波数の各組み合わせ毎の認証精度に基づいて行うものとする。

【0016】請求項8の発明では、前記請求項7の個人認証方法における認証精度を、同一人同士の認証距離の分布と他人同士の認証距離の分布とを用いて算出するものとする。

【0017】請求項9の発明では、前記請求項1の個人認証方法の認証時における認証精度を、選択した周波数に応じて推定するものとする。

【0018】請求項10の発明では、前記請求項9の個人認証方法における認証精度の推定を、同一人同士の認証距離の分布と他人同士の認証距離の分布とを用いて行うものとする。

【0019】請求項11の発明では、前記請求項9の個人認証方法は、推定した認証精度に応じて、被認証者を最終的に認証するか否かを判断するものとする。

【0020】請求項12の発明では、前記請求項9の個人認証方法は、推定した認証精度に応じて、認証後の被認証者に付与される権限を制御するものとする。

【0021】請求項13の発明では、前記請求項9の個人認証方法は、推定した認証精度に応じて、再認証を行うか否かを判断するものとする。

【0022】請求項14の発明が講じた解決手段は、生体情報を用いて個人認証を行う装置として、登録時に取得した生体情報について複数の周波数を用いた周波数解析を行うことによって得られた各周波数毎の特徴量を用い、認証時において、前記複数の周波数の中から認証のための周波数解析に用いる周波数を選択し、取得した被認証者の生体情報について、選択した周波数を用いた周波数解析を行い、各選択周波数毎に特徴量を生成し、生成した各特徴量を同一周波数に係る登録時の特徴量とそれぞれ比較して、個人認証を行うものである。

【0023】請求項15の発明では、前記請求項14の個人認証装置における生体情報は、目の虹彩の画像であるものとする。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0025】なお、以下の実施形態では、虹彩認証すなわち目の虹彩の画像を用いて行う個人認証を例に挙げて説明したが、個人を特定可能な生体特徴を信号として取得できるものであれば、指紋、声紋等、他の生体情報を用いて個人認証を行う場合であっても、本発明は適用可能である。

【0026】（第1の実施形態）図1は本発明の第1の実施形態に係る個人認証方法の技術的特徴を概念的に示す図である。図1に示すように、本実施形態では、登録時において、撮影した虹彩画像1について複数の周波数  $f_1 \sim f_n$  を用いた周波数解析を行い、各周波数  $f_1 \sim f_n$  毎に特徴量を生成する。一方、認証時では、登録時に用いた複数の周波数  $f_1 \sim f_n$  の中から、虹彩画像2の解像度を基にして、認証のための周波数解析に用いる周波数  $f_2 \sim f_n$  を選択し、撮影した被認証者の虹彩画像2について、選択した周波数  $f_2 \sim f_n$  を用いた周波数解析を行い、各選択周波数  $f_2 \sim f_n$  毎に特徴量を生成する。そして、生成した各特徴量を、同一周波数に係

る登録時の特徴量とそれぞれ比較して、個人認証を行う。

【0027】これにより、登録時よりも低い解像度の撮像デバイスによって被認証者の虹彩画像を撮影した場合であっても、この虹彩画像を用いた個人認証を行うことができ、かつ、特徴量として無意味となる周波数に係る特徴量を排除することによって、認証精度の低下を抑えた個人認証が可能となる。

【0028】図2は本実施形態に係る個人認証システムの概略構成図である。図2において、虹彩認証サーバ11は複数の人物の虹彩データを格納する虹彩データベース(DB)12を持ち、インターネット、専用線、公衆回線などのネットワーク網13に接続されている。また、撮像デバイスを備えた虹彩登録装置14および虹彩認証端末15は、それぞれ少なくとも1台以上存在し、ネットワーク網13に接続されている。

【0029】図3は図2に示す虹彩認証システムにおける虹彩認証端末15をカメラ付き携帯電話21に適用した場合の構成を示す図である。また図4は虹彩認証端末15の内部構成のブロック図である。

【0030】なお、虹彩認証サーバ11は、利用する地域毎や機関毎に複数設置されていたり、また、負荷を分散するためのミラーサーバを含めて複数台あってもよい。また、虹彩DB12は、ネットワーク網を介して虹彩認証サーバに接続されていてもよい。

【0031】なお、虹彩登録装置14の機能は、虹彩認証サーバ11に内蔵されていてもよいし、虹彩認証端末15が登録と認証の双方の機能を有していてもよい。また、虹彩認証端末15が複数ある場合、それらの撮像スベックは必ずしも同一でなくてよい。

【0032】図5および図6は本実施形態に係る個人認証方法における登録時と認証時の処理の流れをそれぞれ示すフローチャートである。以下、本実施形態に係る個人認証方法の処理の流れについて、登録時と認証時とに分けて、説明する。

【0033】＜登録時＞登録時には、まずイメージ獲得処理SA01において、虹彩登録装置14によって、虹彩パタンの精細な紋様が取得できる程度に十分な「解像度」によって、虹彩画像を撮影する。ここでの「解像度」とは、「虹彩をどれくらい細かくサンプリングしたか」という意味であり、分解能と言い換えても良い。虹彩登録装置14が備えた撮像デバイス・レンズ系は、十分な解像度によって虹彩画像が撮像可能なものとする。

【0034】図7は虹彩の構造を示す図である。図7に示すように、虹彩41は、主に皺襞42（瞳孔45との境界付近から放射状に伸びるパタン）、小窩43、虹彩巻縮輪44等からなり、そのパタン形状は個人によって異なっている。このことを利用して、虹彩41のパタン形状を特徴量化し、特徴量同士を比較することによって、個人認証が可能となる。

【0035】図8は虹彩パターンをフーリエ変換によって周波数領域で表した図である。実際の虹彩パターンは2次元画像であるため2-Dフーリエ変換を利用するのであるが、図8では、説明の簡略化のため1次元で示している。この1次元とは、2次元の虹彩パターンを後述の方法で切り出し、極座標割り当てをしたものにおける、円周方向の次元である。すなわち、皺襞42のような虹彩の放射状の紋様を、円周方向に周波数解析したものと考えれば良い。円周方向に周波数解析するのは、個人識別には、虹彩の放射状の紋様が重要であることが分かっているためである。

【0036】本実施形態では、円周方向360度（1周）で1周期となるsin波を周波数1（以下、周波数の単位はHz）と表す。

【0037】図8において、虹彩パターンを認証に利用する際に有効な周波数帯域の上限周波数を $F_m$ と表している。この上限周波数 $F_m$ を虹彩パターンの解析に用いるためには、サンプリング定理により、周波数 $F_s = F_m \times 2$ 以上のサンプリング周波数によって、虹彩画像を取得すればよい。これが上述した「十分な解像度」である。また、この上限周波数 $F_m$ は、予備実験によって、様々なサンプリング周波数 $F_s$ によって虹彩画像を取得し、最も認識性能が良いサンプリング周波数 $F_s$ を選択することによって、決定することができる。あるいは、様々な人物の虹彩紋様を観察し、観察できた最も細かい皺の間隔から推定することも可能である。

【0038】登録時に撮影した虹彩画像は、別途取得した本人IDとともに、ネットワーク網13を介して、虹彩認証サーバ11に送られる。なお、虹彩画像を十分な解像度によって撮影可能な虹彩認証端末15がある場合には、その端末15を用いて虹彩画像の登録を行うことも可能である。

【0039】次に、処理SA02～SA07において、撮影した虹彩画像から、認証に用いる特徴量（虹彩コード）を抽出する。なお、本実施形態では、特徴量の抽出は虹彩認証サーバ11が行うものとしているが、この代わりに、虹彩登録装置14が虹彩画像の撮影から特徴量抽出までを行い、生成した虹彩コードをネットワーク13を介して送信し、虹彩DB12に蓄えるような形態であってもかまわない。

【0040】処理SA02～SA05は、虹彩領域を安定して抽出できる方法であればいかなる方法であっても

かまわない。本実施形態では、特表平8-504979号公報に記述された方法を用いる。詳細は省略し、ここでは処理の概要を説明する。

【0041】処理SA02では、虹彩領域を抽出するため、まず虹彩の内側の境界を決定する。この処理は、瞳孔と虹彩との間に輝度差があることを利用して、半径が規則的に増大する円周上の輝度の積分値が急峻に変化する円の中心（ $x_0, y_0$ ）及び半径 $r_0$ を探すものである。

【0042】同様に処理SA03では、虹彩の外側の境界を決定する。この処理も、虹彩と強膜との間に輝度差があることを利用する。ここで、虹彩と強膜の境界が上下のまぶたによって隠されてしまうことが多いことを考慮し、円の上下の部分を除いた左右の弧の部分（上述文献では「パイウェッジ」と呼ばれる）上の輝度の積分値を算出する。すなわち、半径が規則的に増大するパイウェッジ上の輝度の積分値が急峻に変化する円の中心（ $x_1, y_1$ ）及び半径 $r_1$ を探す。

【0043】処理SA02, SA03により、虹彩の内側境界および外側境界が決定され、これにより、虹彩領域が抽出された。

【0044】次に処理SA04では、抽出された虹彩領域に極座標系を適用する。この極座標の原点は瞳孔の中心（ $x_0, y_0$ ）に設定する。半径方向の次元は、瞳孔の周囲（すなわち虹彩の最内周）を半径0とし、虹彩の周囲（すなわち虹彩の最外周）を半径1と定め、半径の中間の値は、瞳孔と虹彩周囲の距離に応じて0から1の間で線形的に補間された値をとる。角度方向の次元は、0度から360度の間の値をとる。すなわち、虹彩画像の大きさが、虹彩サイズの個人差、カメラのズーム値、カメラと虹彩の距離などによって変化するのに対し、このような極座標系を設定することにより、虹彩サイズに左右されることなく、虹彩画像から特徴量を作成することができる。

【0045】次に処理SA05において、虹彩領域を同心円状の複数（例えば8つ）の環状領域に分割する。

【0046】次に、イメージデータ解析処理SA06において、上述文献と同様に、マルチスケールのバンドパスフィルタである2-Dガボール（Gabor）フィルタを、極座標の虹彩画像に適用する。ガボールフィルタは、次式のように表される。

【数1】

$$G(r, \theta) = e^{2\pi j \omega (\theta - \theta_0)} e^{-(r - r_0)^2 / \alpha^2} e^{-(\theta - \theta_0)^2 / \beta^2}$$

$r$ : 半径,  $\theta$ : 半径の角度,  $\omega$ : 角周波数

$\alpha, \beta$ : 定数

なお、パラメータ $\alpha, \beta$ は、角周波数 $\omega$ に反比例して共に変化する。ここで、角周波数 $\omega$ を複数種類準備し、そ

れぞれの角周波数 $\omega$ に応じた複数のガボールフィルタによって虹彩画像の解析を行う。

【0047】図9は4種類の周波数によって解析を行う場合を表している。図9では、横軸が周波数であり、周波数0（直流成分）から上限周波数 $F_m$ までの帯域を、通過帯域が互いに異なる4個のガボールフィルタによって解析する様子を表現している。 $F_1 \sim F_4$ は各ガボールフィルタの通過帯域の中心周波数である。上式の角周波数 $\omega$ の表現を用いると、

$$\omega_1 = 2\pi F_1, \omega_2 = 2\pi F_2, \omega_3 = 2\pi F_3, \omega_4 = 2\pi F_4$$

である。なお、図9に示すように、上限周波数 $F_m$ とガボールフィルタの通過帯域の上限 $F_4 U$ とは必ずしも一致する必要はなく、 $F_4 U \leq F_m$ であればよい。

【0048】なお、図9では、図10に示すように、ガボールフィルタに用いられるガウス関数のピーク値が半

$$MSB_{Re}(r, \theta) = \text{if } \text{Re} \int \int e^{2\pi j \omega(\theta - \phi)} e^{-(r - \rho)^2 / \alpha^2} e^{-(\theta - \phi) / \beta^2} I(\rho, \phi) d\rho d\phi > 0$$

$$MSB_{Re}(r, \theta) = 0 \text{ if } \text{Re} \int \int e^{2\pi j \omega(\theta - \phi)} e^{-(r - \rho)^2 / \alpha^2} e^{-(\theta - \phi) / \beta^2} I(\rho, \phi) d\rho d\phi \leq 0$$

$$MSB_{Im}(r, \theta) = \text{if } \text{Im} \int \int e^{2\pi j \omega(\theta - \phi)} e^{-(r - \rho)^2 / \alpha^2} e^{-(\theta - \phi) / \beta^2} I(\rho, \phi) d\rho d\phi > 0$$

$$MSB_{Im}(r, \theta) = 0 \text{ if } \text{Im} \int \int e^{2\pi j \omega(\theta - \phi)} e^{-(r - \rho)^2 / \alpha^2} e^{-(\theta - \phi) / \beta^2} I(\rho, \phi) d\rho d\phi \leq 0$$

ここで、 $I(\rho, \phi)$ は極座標系で表された入力虹彩画像

【0050】図11は虹彩コードの抽出時の様子を表した一例である。実際は、虹彩画像は2次元信号（極座標を適用した場合、半径方向と角度（円周）方向）であるが、同図では、説明の簡略化のために角度方向の1次元のみで表してある。同図中、(a)は虹彩画像のある半径の円周上の輝度を表す原信号、(b)は(a)の原信号にガボールフィルタを適用した結果得られた信号、(c)は(b)の信号を二値化して得た信号すなわち虹彩コードである。図11(c)に示す虹彩コードは、処理SA05によって分割した各環状領域毎に、各周波数について、生成される。

【0051】そして、図12に示すように、各周波数 $F_i$ で解析を行った結果のサブ特徴量 $FS_i$ を結合して、登録虹彩コード $FT$ とし、処理SA07において、虹彩DB12に、登録虹彩コード $FT$ および解析した周波数情報と、その人物のIDとを関連付けて記憶する。

【0052】なお、ここでは、虹彩画像に極座標を適用したが、通常の座標系を適用してもよい。また、マルチスケールの自己類似的な2次元バンドパスフィルタの一種であるガボールフィルタを用いて多重解像度での周波数解析を行ったが、多重解像度によって解析できる他の方法、例えばウェーブレット解析等を用いてもかまわない。

【0053】また、ガボールフィルタの実部・虚部をそれぞれ個別に用いて特徴量を算出したが、例えば、双方

値となるとことまでを、当該ガボールフィルタの通過帯域として表現している。すなわち、ガウス関数の裾野の領域（中心から離れた領域）までを考えると、各ガボールフィルタの通過帯域は互いに重なり合っているといえる。なお、ガボールフィルタの通過帯域の重なりをガウス関数が半値となるところ以外、例えば、ガウス関数の標準偏差を $\sigma$ とすると $\sigma$ 、 $2\sigma$ 、 $3\sigma$ となるところに設定してもよい。

【0049】そして、上述文献と同様に、ガボールフィルタを適用後の信号から特徴量を抽出する。すなわち、ガボールフィルタの出力が正か負かによって、次式のように二値化を行い、コード化を行う。

【数2】

の自乗和の平方根を計算したパワーを特徴量として用いても良い。さらに、ガボールフィルタの出力を二値化する代わりに、多値のまま特徴量として用いてもよい。

【0054】＜認証時＞一方、認証時には、以下のような処理を行う。

【0055】まず、図6のフローにおけるイメージ獲得処理SB01において、認証を受けようと意図するユーザすなわち被認証者は、例えば図3に示す携帯電話21を用いて、虹彩画像の入力を行う。すなわちユーザは、カメラ22（に内蔵された撮像素子31）が現在捉えている映像をモニタ23を見て確認しながら、ピントの合った自己の虹彩画像がモニタ23に映った状態で、撮影実行の操作ボタン25を押す。すると、照明24が発光し、発光タイミングと同期して画像が撮影され、撮影された虹彩画像は、携帯電話21内のフレームメモリ32に蓄えられる。その後、プログラムメモリ34に蓄積された虹彩特徴抽出プログラムがワークメモリ33に読み込まれ、図6における処理SB02以降の処理が実行される。

【0056】なお、ここでは、カメラ付き携帯電話の例で説明したが、カメラが付属した機器であれば他のものであってもかまわない。例を挙げれば、カメラ付きPHS（簡易型携帯電話）、カメラ付き携帯端末（PDA）、カメラ付きインターホン、通信機能付きデジタルカメラ等である。

【0057】また、ここでは、虹彩特徴抽出プログラムを用いて、特徴抽出をソフトウェア的に行うものとしたが、虹彩特徴抽出処理を専用回路やDSPによって実現し、ハードウェア的に行っても良い。

【0058】撮影した虹彩画像からの虹彩領域の切り出し処理SB02、SB03、座標系決定処理SB04、解析領域決定のための虹彩領域の分割処理SB05は、登録時の処理SA02～SA05と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0059】次に処理SB06では、虹彩画像の解像度を算出する。ここでは、処理SB02で算出した虹彩／瞳孔間境界すなわち虹彩内側境界の周囲長を、解像度Rと定める。この解像度Rは、虹彩内側境界線上の画素数としてもよいし、処理SB02で算出した半径r0から、 $R=2\pi r0$ と決定してもよい。

【0060】次に処理SB07では、虹彩画像の解像度Rから、解析する周波数帯を決定する。この解像度Rは、そのまま瞳孔境界の円周方向のサンプリング周波数 $F_{sp}=R$  (Hz)となる。1周期(360度)をR点でサンプリングしている場合、サンプリング周期(サンプリング間隔)は $360/R$ 度であり、360度を $360/R$ 度のサンプリング間隔によってサンプリングしているため、サンプリング周波数は $F_{sp}=360/(360/R)=R$  (Hz)となる。

【0061】よって、サンプリング定理から、この虹彩画像を解析するために有効な周波数の上限 $F_{mp}$ は、 $F_{mp}=F_{sp}/2=R/2$ と決定される。なお、この上限 $F_{mp}$ 自体は有効な解析周波数ではなく、正確には、上限 $F_{mp}$ よりも小さい周波数で解析すればよい。

【0062】すなわち、サンプリング定理により、 $F_{sp}/2$ 以上の周波数で解析を行っても、その部分は特徴量としては無意味なものとなってしまい、そのような部分を全体の特徴量に含めて比較すると、全体の一致度が低下してしまうからである。

【0063】ここで、瞳孔境界の円周に着目してサンプリング周波数を決定する理由は、虹彩の最内周部分(瞳孔との境界付近)から放射状に伸びる紋様(皺襞)が、個人認証のために有効な特徴量となっていることと、切り出した虹彩に極座標を当てはめて、極座標の円周方向の濃淡値変化を検出するガボールフィルタを適用していることである。

【0064】なお、虹彩画像に極座標を適用せず通常の座標系によって解析する場合は、虹彩画像の半径または直径、または切り出した虹彩領域の面積(ドット数)、瞳孔領域の面積(ドット数)等、サンプリングされた虹彩の大きさに応じて変化する量から解像度を求め、解析周波数帯を決定してもよい。

【0065】なお、認証時に使用する端末によっては、内蔵される撮像デバイスの解像度・レンズ系が既知であ

り、撮像距離がほぼ一定(被写界深度が浅い)である場合は、撮像される虹彩の大きさはほぼ一定である。よって、予め、上述したような方法を用いて、解析周波数帯を端末毎に決定しておくことも可能である。この場合、例えば端末と解析周波数帯とを対応付けた参照テーブルを作成しておき、この参照テーブルを参照することによって、端末の種類から解析周波数帯を決定すればよい。

【0066】また、撮影距離が測距センサ等によって求められ、レンズ系(ズーム可能)、撮像デバイスの解像度等のカメラ情報も得られる場合には、撮影される虹彩の大きさもほぼ予測できる。このため、撮影距離およびカメラ情報と解析周波数帯とを対応付けた参照テーブルを予め作成しておき、この参照テーブルを参照することによって、撮影距離およびカメラ情報から解析周波数帯を決定してもよい。

【0067】登録時に、図9に示すように、周波数 $F4U$ を上限として、 $F1\sim F4$ をそれぞれ中心周波数とする4個の周波数帯域によって周波数解析を行い、特徴量を算出したものとする。

【0068】この場合、認証時の虹彩画像の周波数上限 $F_{mp}$ が登録時の上限周波数 $F4U$ よりも大きいときは、登録時と同様に、4個の周波数帯域において周波数解析を行う。また、 $F_{mp}<F4U$ の場合は、 $F_{mp}\geq F_{nu}$ となる最大のnを算出する。仮に $n=3$ の場合、 $F1\sim F3$ をそれぞれ中心周波数とする3個の周波数帯域において周波数解析を行うこととする。

【0069】次に処理SB08において、(数1)のガボールフィルタを用いて、特徴量を抽出する。本処理は、登録時の処理SA06とほぼ同様であるが、処理SB07によって決定された周波数帯域に従って周波数解析を行うところが、登録時の処理処理SA06と異なる。処理SB07において、 $n=3$ すなわち $F1\sim F3$ をそれぞれ中心周波数とする3個の周波数帯域において解析を行うように決定されている場合は、これら周波数帯域に対応する3個のガボールフィルタ( $\omega1=2\pi F1$ ,  $\omega2=2\pi F2$ ,  $\omega3=2\pi F3$ )を適用する。ガボールフィルタを適用後の信号から特徴量を抽出する方法は、処理SA206と同様に(数2)を用いて行う。

【0070】次に、処理SB09において、図13に示すように、処理SB08によって抽出した各周波数 $F_i$ に対応するサブ特徴量 $FS_i$ (二値コード)を結合し、識別用虹彩コードFTを生成する。

【0071】以上の処理が虹彩認証端末15内で行われると、作成された特徴量および解析した周波数情報は、ネットワーク網13を介し、虹彩認証サーバ11に送信される。

【0072】なおここでは、虹彩認証端末15において特徴抽出処理SB09まで実行した後、特徴量をネットワーク網13を介して虹彩認証サーバ11に送信し、虹彩認証サーバ11において認証を行うものとしたが、こ

の代わりに、例えば、虹彩認証端末15では虹彩画像を取得する処理SB01のみを実行し、ネットワーク網13を介して虹彩画像自体を虹彩認証サーバ11に送信し、虹彩認証サーバ11において、特徴抽出処理SB02～SB09および識別処理SB10、SB11を実行するようにしてもよい。

【0073】また、虹彩認証端末15において、虹彩画像を取得する処理SB01、特徴抽出処理SB02～SB09および識別処理SB10、SB11の一連の処理を行っても良い。その際、比較を行う対象の登録虹彩コードは、虹彩DB12からネットワーク網13を介して虹彩認証端末15まで送信され、端末15において比較処理が行われる。

【0074】なお、認証には、1対N認証と1対1認証がある。1対N認証では、被認証者は自己のIDを機器側に伝えず、認証時に抽出した特徴量と虹彩DB12内の全ての基準特徴量とが比較される。そして、最も類似した基準特徴量との類似度（距離）が予め定めた閾値以上（以下）であれば、認証される。また1対1認証の場合は、被認証者は自己のIDを機器側に伝え、認証時に抽出した特徴量とユーザが伝えたIDに対応する基準特徴量とを比較し、これらの類似度（距離）が予め定めた閾値以上（以下）であれば、認証される。よって、1対N認証において、虹彩認証端末15側で比較処理が行われる場合は、虹彩DB12の全ての特徴量がネットワーク網13を介して端末15に送信される。

【0075】そして虹彩認証サーバ11では、予め虹彩DB12に蓄積された基準虹彩コードと認証対象の虹彩コードとを比較し、個人認証を行う。認証には1:N認証と1:1認証とがあるが、両者の違いは先に述べたとおりである。本発明はその両者に対応可能であり、両者の違いは、比較の際に複数の特徴量と比較するか、または単一のIDの特徴量と比較するかの違いだけなので、以下の説明ではその区別を明示しない。

【0076】処理SB10において、登録時の処理SA07で記憶された登録用の基準虹彩コードと、認証時の処理SB09で生成された識別虹彩コードとを比較する。比較の際には、図14に示すように、双方の虹彩コードに付与されている解析周波数情報を用い、解析した周波数が同一のもの同士を比較する。ここでは、登録時はF1～F4をそれぞれ中心周波数とする4個の周波数帯域において解析され、認証時はF1～F3をそれぞれ中心周波数とする3個の周波数帯域において解析されたとすると、周波数F1で解析されたサブ特徴量FS1同士、周波数F2で解析されたサブ特徴量FS2同士、および周波数F3で解析されたサブ特徴量FS3同士を、それぞれ比較する。

【0077】また比較には、ハミング距離を用いる。また図15に示すように、顔の傾きや眼球自体の回転を補償するため、各特徴量を同一量だけずらしながらハミ

ング距離を算出する。このずらし量を所定の範囲（虹彩パタンの回転を許容する範囲）内で変化させたときの最小のハミング距離を、最終的なハミング距離として決定する。

【0078】処理SB11では、特徴量の各ビットを比較したハミング距離を比較回数（全ビットの数）で除し、正規化した値を認証距離とする。そして、この認証距離が予め定めた閾値以下であるときは、本人であると識別し、閾値よりも大きいときは、他人であるとして拒否を行う。

【0079】なおここでは、生成した虹彩コードが二値であるためにハミング距離（XOR；排他的論理和）を用いたが、特徴量が多値である場合は、他の距離尺度（ユークリッド距離や正規化相関等）を用いてもかまわない。

【0080】以上のように本実施形態によると、登録時よりも解像度が低い撮像デバイスによって虹彩画像を撮影した場合であっても、認証精度の低下を招くことなく、個人認証が可能となる。

【0081】（第2の実施形態）認証時の撮像デバイスが低解像度の場合、多重解像度による解析の際の高解像度部分のサブ特徴量（サンプリング周波数 $F_{sp}$ とすると、上限周波数 $F_{mp} = F_{sp} / 2$ 以上で解析した特徴）は抽出されず、照合には用いられない。このため、照合に用いる特徴量の総ビット数（情報量）が減少する。情報量低下に起因して、同一人同士の照合スコア分布と他人同士の照合スコア分布との分離度が低下し、照合精度が低下してしまう恐れがある。

【0082】図16は任意の人物の組合せの特徴量を比較して得た、同一人同士の認証距離の分布D1と他人同士の認証距離の分布D2とを概念的に示す図である。本人と他人を区別するための閾値THを図16のように定めた場合、他人の分布D2のうち閾値THよりも認証距離が小さい部分（斜線部分A1）は、他人が本人と誤って受け入れられてしまう（False Accept）ことに相当する。したがって、他人を誤って受け入れてしまう他人受入率FAR（False Accept Rate）を、図16のような分布からある程度試算できる。

【0083】よって、本実施形態では、予め虹彩DB12を参照し、サブ特徴量FSiの各組合せについて、FARを試算しておく。これとともに、保証すべきFARの基準を定めておく。そして第1の実施形態に示したように、認証時に低解像度の撮像デバイスを用い、高周波数で解析したサブ特徴量を除いて（高周波数で解析しないで）特徴量FTを求めた場合、仮にFARの基準が満たされないときは、例えば認証処理に入らない、というような対策を講じることが可能になる。

【0084】また、認証精度の指標として、本人棄却率FRR（False Reject Rate）も存在する。認証時の撮像デバイスが低解像度の場合、多重解像度による解析の

際の高解像度部分の特徴は用いられないため、照合に用いる特徴量の情報量が減少することに起因して、本人の分布D1自体が広がることになれば、FRRの低下を招くことになる。図16では、本人の分布D1のうち閾値Thよりも認証距離が大きい部分（斜線部分A2）が、本人棄却に相当する。

【0085】図17は本発明の第2の実施形態に係る個人認証方法の処理の流れを示すフローチャートである。図17に示す処理は、第1の実施形態における虹彩DB12への登録処理（図5）の後に実行される。

【0086】第1の実施形態と同様に、虹彩画像を複数の通過周波数帯域を持つ2-Dガボールフィルタによって解析し、各周波数Fiに対応したサブ特徴量FSiを作成する。ここでは、登録時の虹彩画像から図12に示すように4個の周波数帯域で解析を行い、4個のサブ特徴量FSiを作成するものとする。この動作を虹彩DB12に登録する人数分だけ繰り返す。ここで、虹彩DB12に登録した人数をN（人）とし、各人は少なくとも1枚以上の虹彩画像を撮影し、各虹彩画像から特徴量が抽出されるものとする。

【0087】そして、処理SA08において、基準となるFAR（=T）と、FARを試算する対象の特徴量（サブ特徴量の組合せ）を決定する。まず、全てのサブ特徴FS1～FS4を選択することにする。すなわち、全てのサブ特徴FS1～FS4を結合して特徴量FTを生成し、処理SA09において、この特徴量FTについて、人物Pから抽出した特徴量間の認証距離、および、人物Pと他の全て（P以外）の人物間の認証距離を算出する。その分布を図18（a）に示す。

【0088】ここで、人物Pの登録特徴量が複数ある場合は、図18（a）に示すように本人同士の特徴量を比較した認証距離の分布DA1ができる。また人物Pと他人間の認証距離も分布DA2となる。そしてこれらの分布DA1、DA2から、閾値ThAを作成する。ここでは、FARとFRRとが等しくなるように閾値ThAを設定する。

【0089】なお、閾値ThAは、人物Pおよび特徴量の組合せ毎に設定されるものであり、認証の目的によって様々な設定方法がある。例えば、他人を絶対に排除したい場合は、本人棄却率FRRが多少大きくてもよいから閾値ThAを小さめにとればよいし、本人が棄却されるとユーザインタフェースの観点から非常に使いづらいものとなる場合は、他人受入率FARを犠牲にして閾値ThAを大きくすればよい。また、人物Pの登録特徴量が1つしかない場合は、本人同士の分布は生成されないため、閾値ThはFARのみを参考に決めることになる。

【0090】なお、虹彩DB12に登録されるデータ数が十分多くないと、図18（a）のように2つの分布が重ならない場合がある。この場合は、双方の分布を適当

な関数で近似することによって、双方の分布が重なる部分を作ることもできる。

【0091】そして、処理SA10において、閾値ThAのときのFARを試算する。図18（a）の場合、FARは斜線部AA1となる。そしてこのAA1が、予め定めた基準値FAR=Tよりも小さいか否かを判定する。この場合、AA1<Tとなるとすると、人Pを識別するのに周波数F1～F4で解析を行うことができると判断される。

【0092】同様に、全ての人物について、サブ特徴の組合せFS1～FS4におけるFARを試算し、試算したFARが予め定めた閾値Tよりも小さくなるか否かを判定する。なお、人物毎にFARを試算する理由は、人物によっては、低周波で解析した特徴のみによって十分他人と区別できる人もあり、またそうでない人もいるので、人物毎に試算した方が、各個人に適応したサブ特徴量の組合せが求められるからである。

【0093】ここで、低周波で解析した特徴のみによって他人と区別できる人というのは、虹彩紋様の低周波部分に独自性がある人のことを指す。もちろん、本実施形態と異なり、本人と本人以外という全人物共通で認証精度を試算しても良い。その場合は、本人同士間の認証距離の分布全体と、他人同士間の認証距離の分布全体とを比較し、FARを試算する。この場合は、虹彩DB12に各個人毎に有効なサブ特徴量の組合せを保持しなくてすむので、記憶容量が削減できるという効果が得られる。

【0094】続いて、また別のサブ特徴の組合せにおいて、処理SA08～SA10を繰り返す。例えば、2番目の組合せとしてFS1～FS3を選んだとき、同様の処理の結果、全ての人物に対して十分な精度の認証ができたものとする。

【0095】次に、3番目の組合せとしてFS1～FS2を選んだ場合を考える。図18（b）はこの場合の人物P同士の認証距離の分布DB1、および人物Pと他の全て（P以外）の人物間の認証距離の分布DB2を示す図である。この場合、FARは、斜線部AB1の面積となる。ここで、AB1 $\geq$ Tであると、人Pを識別するために周波数F1～F2で解析を行ったとき、十分な認証精度が得られないことになる。よって、人物Pを認証する場合、少なくとも周波数F1～F3で解析しなければ十分な認証精度が得られないことが、虹彩DB12を用いて算出できる。

【0096】よって、人物Pが、解析に用いる最も高い周波数がF3よりも低くなるような解像度を有する虹彩画像を用いて、認証を行おうとすると、虹彩認証サーバ11から人物Pに警告を発したり、あるいは認証できないことを通知したりすることができる。

【0097】なお、本実施形態では、認証精度としてFARを用いるものとしたが、FARは閾値Thの設定に

応じて変化するものである。このため、閾値 $T_h$ に依存しない認証精度として、例えば、 $FAR$ と $FRR$ との和を用いてもよい。この場合、認証精度は閾値 $T_h$ に依存せず、図15に示すような2つの分布のみによって決定される。

【0098】なお、本実施形態では、本人同士の分布を各個人毎に用いているが、実際には1人の人物の登録特徴量の個数は限られる（1枚～数枚）ため、ここで示したような分布が求まらない場合がある。この場合例えば、虹彩画像を登録する際、虹彩画像を数秒間動画で撮影し、この動画の各フレーム画像を抽出してそれぞれ登録画像として用いればよい。例えば、30フレーム/秒のプロGRESSIVスキヤンカメラによって3秒間撮影した場合は、のべ90枚の虹彩画像が得られ、まばたきをした時等不具合のある画像を除いた後、これらの画像を全て登録用の画像として用いることができる。この場合、照明の明るさを変化させながら動画撮影を行うと、瞳孔の大きさが変化した画像が得られるため、いろいろな条件下で撮影した場合の本人同士の分布が得られる。

【0099】また、認証を行った都度、本人であると認証済みの特徴量をデータベースに加えていくことによって、本人の分布を更新していくこともできる。

【0100】なお、処理SA08～SA10は、照合時でなく登録時に事前に行う処理である。虹彩DB12に新たにデータが登録された場合や、ある人物の登録特徴量が更新された場合は、本処理を再実行すればよい。また、登録の度に実行することが、計算負荷の増大など好ましくない場合には、週に1回や月に1回など定期的に本処理を実行してもかまわない。

【0101】なお、解析周波数の組合せは、1～ $k$ というように連続した周波数の組合せに限るものではなく、 $F1$ 、 $F3$ 、 $F5$ というように連続しない周波数の組合せであっても良い。この場合は、ある人物の虹彩画像を周波数解析したとき、周波数 $F1$ 、 $F3$ 、 $F5$ の場合には独自性（他人と異なる）が高く、周波数 $F2$ 、 $F4$ を併せて用いると、かえって他人の分布との分離性が悪くなるような場合等に有効である。

【0102】なお本実施形態では、推定した認証精度に応じて、被認証者を最終的に認証するか否かを判断するものとしたが、例えば、認証後の被認証者に付与される権限を制御することも可能である。例えば、電子商取引のための個人認証の場合、推定した認証精度に応じて、取引できる金額の限度を設定することも可能である。あるいは、入退室管理のための個人認証の場合、推定した認証精度に応じて入室できる部屋を決定したりしてもよいし、PC等へのログインのための個人認証の場合には、推定した認証精度に応じて、実行可能なコマンド（閲覧のみ、書き換え可能、消去可能）等を制御してもよい。

【0103】また、推定した認証精度に応じて、再認証

を行うか否かを判断するようにしてもよい。例えば、虹彩認証端末15のカメラのズーム調整ができる場合は、ズーム値を大きくして再撮影を行うように指示してもよい。また、カメラのピント調整が可能な場合は、虹彩をよりカメラに近づけて再撮影を行うように指示することもできる。

【0104】また、第1の実施形態では、認証時における周波数の選択を、認証時に撮影した虹彩画像の解像度を基にして行ったが、これに代えて、またはこれとともに、予め試算した、周波数の各組み合わせ毎の認証精度に基づいて、認証時における周波数を選択してもよい。例えば、 $FAR$ が所定値以下となる周波数の組み合わせの中から、 $FAR$ が最小となるもの、または周波数の個数が最小のものを、認証時において用いるようにすればよい。

【0105】また、本実施形態では、予め認証距離の閾値を決定し、その閾値を用いて $FAR$ を試算したが、逆に、最低保証すべき $FAR$ から閾値を算出することもできる。このため、例えば、最低保証すべき $FAR$ に達しない場合、閾値の方をより厳しめに再設定して、認証を行うことも可能である。

【0106】なお、登録時の特徴量から認証精度が推定できることを利用して、例えば、左右両方の虹彩画像を撮影して認証精度をそれぞれ試算し、認証精度が良い（他人の特徴量との分離度が良い）方の虹彩画像を登録することも可能である。また、両方の虹彩画像の認証精度がともに所定値よりも低い場合に、両方の虹彩画像を登録し、認証のために用いるようにしてもかまわない。

【0107】なお、上述したのと同様に、例えば指紋認証の場合は、複数の指を登録して認証精度の高い指を最終的に登録したり、単一の指では予め定めた認証精度が満たされない場合、複数の指を登録し認証時に複数の指を併せて用いることも可能である。

【0108】（第3の実施形態）第1の実施形態では、登録時に、十分な解像度で虹彩を撮影可能な比較的高解像度の撮像デバイスを用いて、虹彩画像を撮影した。その後、多重解像度解析を行い、解析した周波数帯域毎にサブ特徴量を抽出した。そして認証時には、撮影された虹彩画像から、解析すべき少なくとも1つの周波数帯域を決定し、対応する周波数帯域同士のサブ特徴量を、登録時のものと認証時のものとで比較し、個人認証を行っていた。

【0109】本発明の第3の実施形態では、登録時に、複数の解像度の虹彩画像を取得するものとする。

【0110】取得方法の1つとして、実際に、複数の解像度の虹彩画像を撮影する方法がある。撮影方法としては、撮像素子の解像度が互いに異なる複数のカメラを用いてもよいし、カメラのズーム値を変えながら複数回撮影を行ってもよい。

【0111】また、別の取得方法として、虹彩画像を十

分な解像度で撮影し、撮影した虹彩画像に対し、図19に示すように複数の(図19では3個)のローパスフィルタLPF1~LPF3を適用し、解像度の異なる複数の虹彩画像を生成してもよい。この場合は、虹彩画像の大きさ自体は変わらないが、画像に含まれた周波数成分が異なる(高周波成分がカットされている)ことになる。

【0112】そして、これら複数の解像度の虹彩画像に対し、解析すべき周波数帯域をそれぞれ決定する。

【0113】実際に複数の解像度の虹彩画像を撮影した場合は、第1の実施形態における認証時の動作と同様に、虹彩と瞳孔の境界の円周上の画素数を基にして、周波数帯域を決定する。

【0114】例えば、3個の解像度 $R1$ 、 $R2$ 、 $R3$ で虹彩画像を撮影し、それぞれ、サンプリング定理によって、解析する上限周波数 $F_{sp1}$ 、 $F_{sp2}$ 、 $F_{sp3}$ を求めたものとする。そして図20に示すように、通過帯域の中心周波数 $F_n$ (下限周波数 $F_{nL}$ 、上限周波数 $F_{nU}$ )であるガボールフィルタ $n$ ( $n=1\sim4$ )を準備した場合、例えば、通過帯域の上限 $F_{nL}$ がその虹彩画像のサンプリング周波数 $F_s$ の $1/2$ を超えないようなガボールフィルタ $n$ を、選択する。この結果、解像度 $R1$ の画像はガボールフィルタ1のみを用いて解析し、解像度 $R2$ の画像はガボールフィルタ1~3を用いて解析し、解像度 $R3$ の画像はガボールフィルタ1~4を用いて解析することになる。

【0115】なお、第1の実施形態と同様に、各ガボールフィルタの通過帯域は、ガウス関数が半値となるところで重なり合っている。

【0116】一方、複数のローパスフィルタを適用して複数の虹彩画像を得た場合は、適用したローパスフィルタの特性から、解析すべき周波数帯域を決定する。

【0117】図21は撮影した虹彩画像と、その虹彩画像に複数のローパスフィルタを適用することによって生成した画像を、フーリエ変換によって周波数領域で表した図である。なお、画像は2次元のためフーリエ変換後も2次元となるが、説明の簡略化のため、第1の実施形態と同様に1次元(極座標適用時の虹彩の円周方向の次元)で表している。

【0118】図21から、ローパスフィルタLPF $i$ ( $i=1\sim3$ )は周波数 $F_{ci}$ 以下の周波数を通過させることが分かる。ここで、元の画像のサンプリング周波数を $F_{sp}$ とすると、

$$F_{sp}/2 > F_{c1} > F_{c2} > F_{c3}$$

である。この場合、解析すべき周波数帯域は、適用したローパスフィルタの特性に応じて一意に求めることができる。すなわち、図22に示すように、通過帯域の上限周波数 $F_{nU}$ がその画像に適用したローパスフィルタの遮断周波数 $F_{ci}$ を超えないようなガボールフィルタを選ぶものとして、ローパスフィルタLPF1を適用した画像についてはガボールフィルタ1~3を用いて解析

し、ローパスフィルタLPF2を適用した画像についてはガボールフィルタ1、2を用いて解析し、ローパスフィルタLPF3を適用した画像についてはガボールフィルタ1のみを用いて解析することになる。また、元の画像に関しては、第1の実施形態と同様に、ガボールフィルタ1~4を用いて解析する。

【0119】なお、特徴量の抽出は、第1の実施形態と同様であり、説明は省略する。そして、図23に示すように、抽出した特徴量は、解析周波数帯域の組み合わせが同じもの同士を、虹彩DB12a~12dに格納する。

【0120】認証時には、第1または第2の実施形態と同様に、撮影した虹彩画像から解析すべき周波数帯域を決定する。そして、図23に示すような複数の虹彩DB12a~12dから、解析すべき周波数帯域が等しいものを選択し、これに格納された特徴量を用いて認証を行う。認証方法の詳細は、第1の実施形態と同様であるので、ここでは説明を省略する。

【0121】このような本実施形態によって、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0122】なお、本実施形態では、解析すべき周波数帯域を、画像に含まれる情報の上限周波数を基にして選択したが、第2の実施形態と同様に、認証精度を予め推定しておき、推定した認証精度に応じて解析周波数の組み合わせを選択するようにしてもよい。この場合、解析周波数帯域は、隣り合うもの(例えば図22における $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ )に限られるのではなく、飛び飛びの値(例えば図22における $F1$ 、 $F3$ )をとりうることは、第2の実施形態で説明したとおりである。

【0123】

【発明の効果】以上のように本発明によると、様々な解像度の撮像デバイスで撮像した虹彩画像であっても、認証精度の低下を抑えた認証を可能とする。特徴量の情報量が低下する場合であっても、推定した認証精度に応じた対応を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る個人認証方法の技術的特徴を概念的に示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係る個人認証システムの概略構成図である。

【図3】虹彩認証端末の一例であるカメラ付き携帯電話の外観を示す図である。

【図4】虹彩認証端末の内部構成のブロック図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る個人認証方法における登録時の処理の流れを示すフローチャートである。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る個人認証方法における認証時の処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】虹彩の構造を示す図である。

【図8】虹彩ボタンをフーリエ変換によって周波数領域で表した図である。

【図9】4個のガボールフィルタを用いた周波数解析を表す図である。

【図10】ガボールフィルタに用いられるガウス関数である。

【図11】虹彩コードの一例である。

【図12】登録虹彩コードの生成を表す図である。

【図13】識別用虹彩コードの生成を表す図である。

【図14】登録虹彩コードと識別虹彩コードとの比較を表す図である。

【図15】ハミング距離の算出を表す図である。

【図16】同一人同士の認証距離の分布と他人同士の認証距離の分布とを概念的に示す図である。

【図17】本発明の第2の実施形態に係る個人認証方法の処理の流れを示すフローチャートである。

【図18】同一人同士の認証距離の分布と他人同士の認証距離の分布とを概念的に示す図である。

【図19】解像度の異なる複数の虹彩画像をローパスフィルタを適用して生成する方法を示す図である。

【図20】ガボールフィルタの選択を説明するための図である。

【図21】ローパスフィルタを適用して生成した画像を、フーリエ変換によって周波数領域で表した図である。

【図22】ガボールフィルタの選択を説明するための図である。

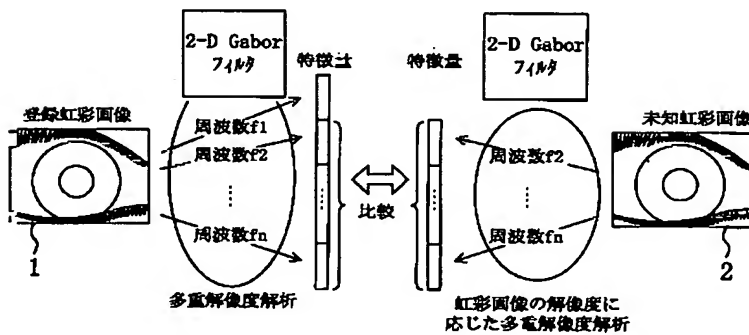
【図23】抽出した特徴量を解析周波数帯域の組み合わせ毎に異なる虹彩DBに格納した構成を示す図である。

【図24】従来の個人認証の処理を示す図である。

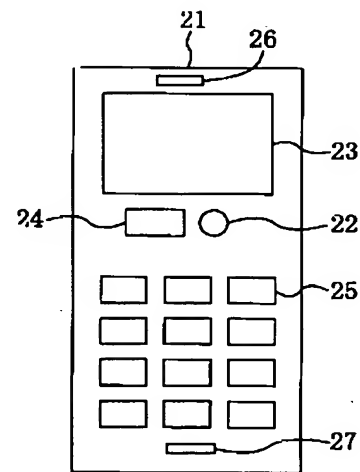
【符号の説明】

- 1 登録時の虹彩画像
- 2 認証時の虹彩画像
- f1～fn 登録時に用いた複数の周波数
- f2～fn 認証時に選択した周波数
- 15 虹彩認証端末
- 21 カメラ付き携帯電話
- 41 虹彩
- D1 同一人同士の分布
- D2 他人同士の分布

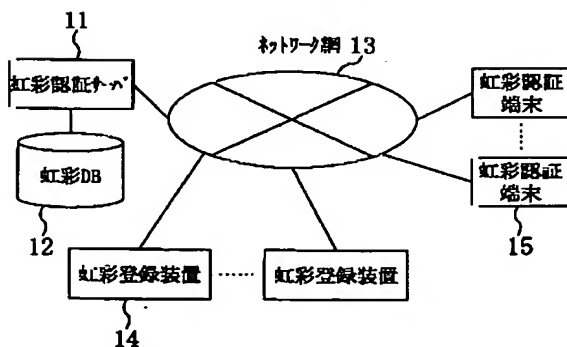
【図1】



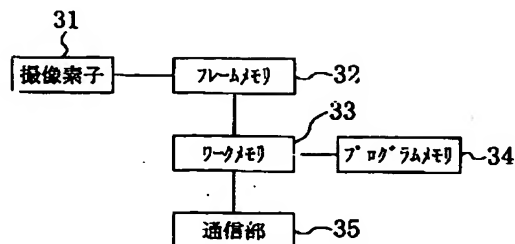
【図3】



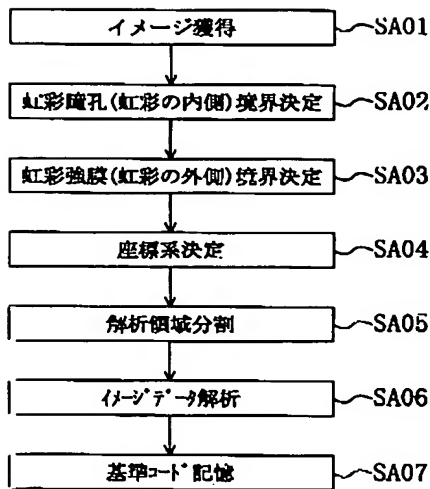
【図2】



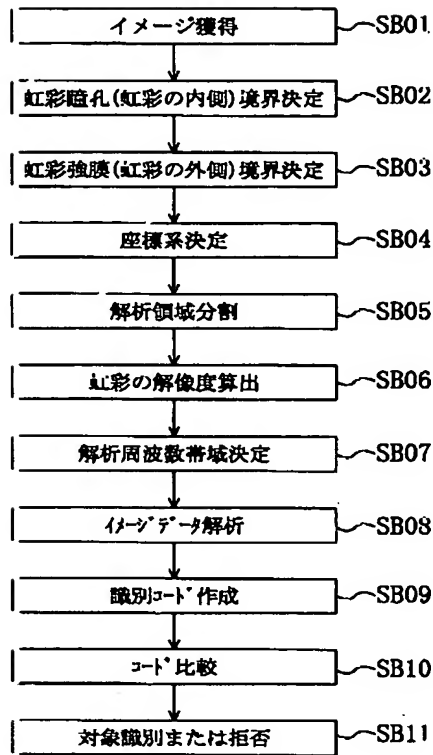
【図4】



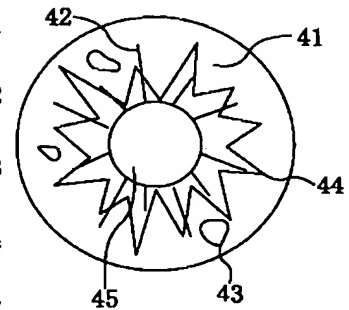
【図5】



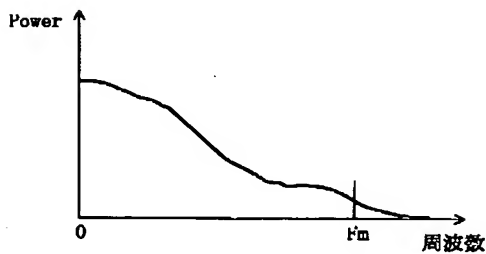
【図6】



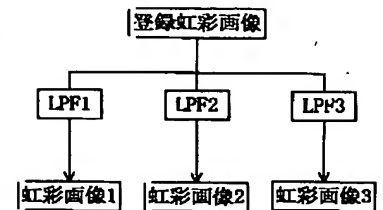
【図7】



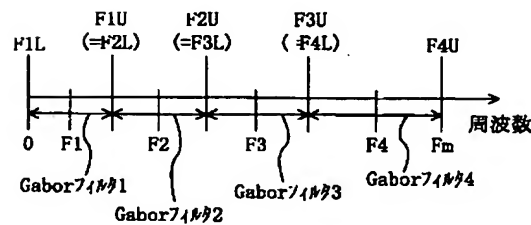
【図8】



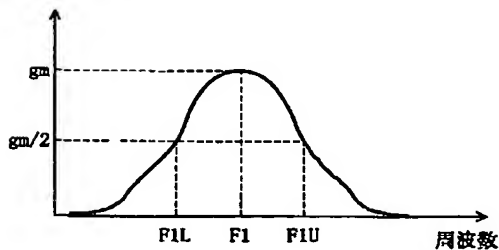
【図19】



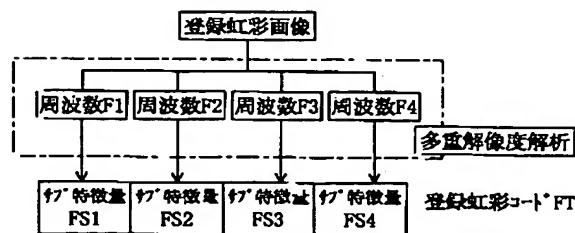
【図9】



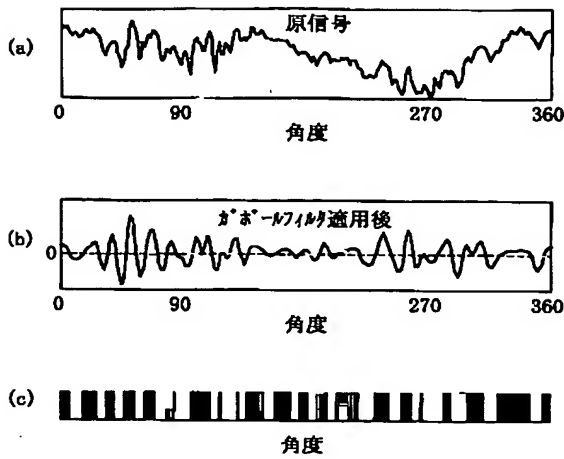
【図10】



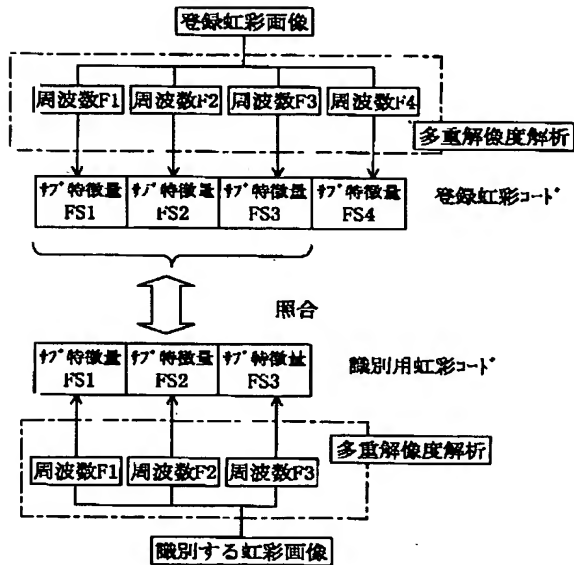
【図12】



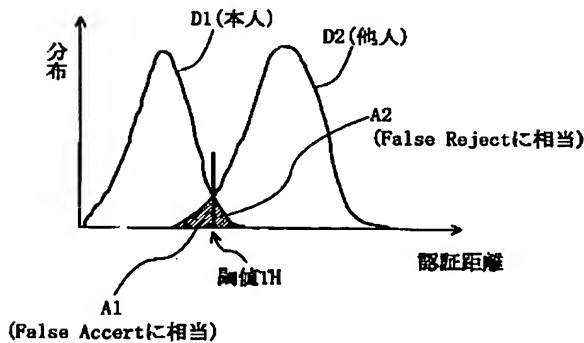
【図11】



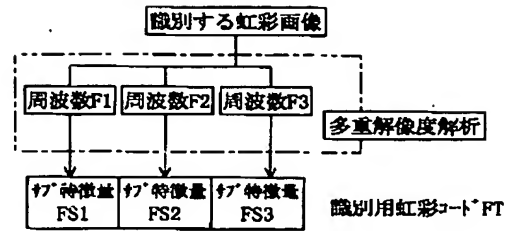
【図14】



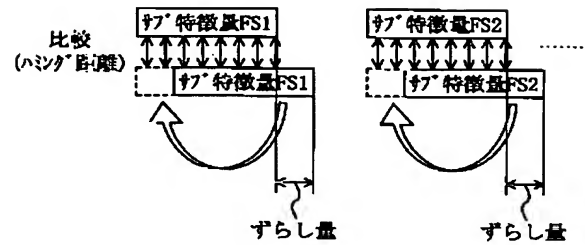
【図16】



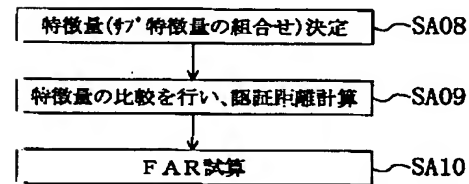
【図13】



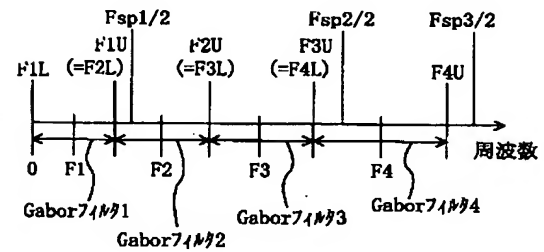
【図15】



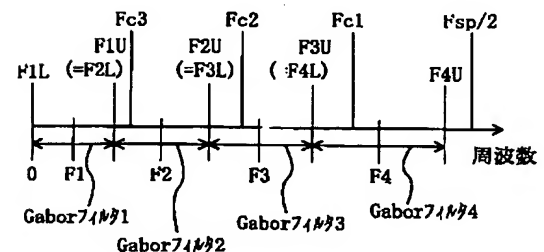
【図17】



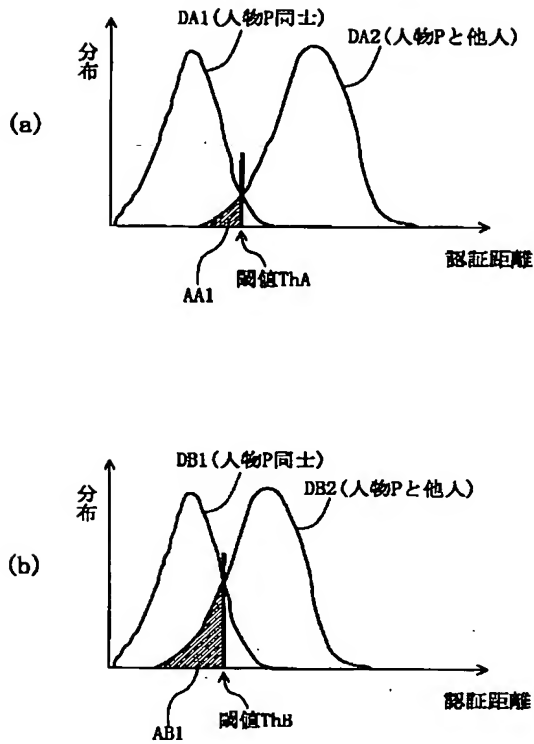
【図20】



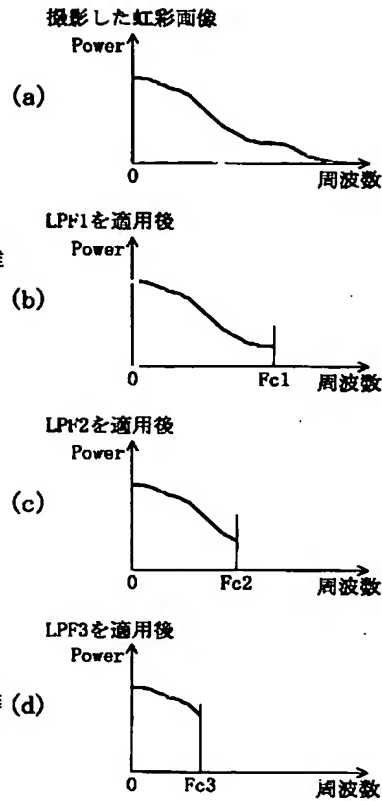
【図22】



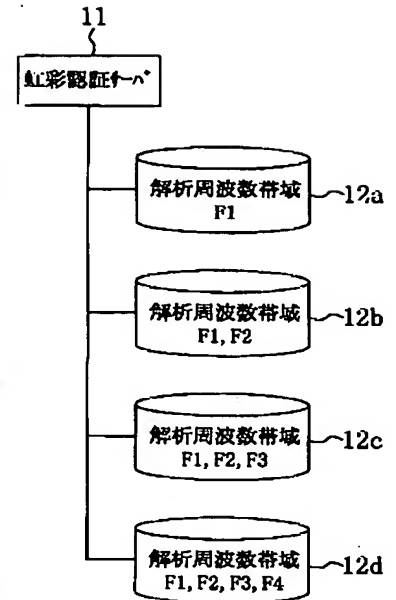
【図18】



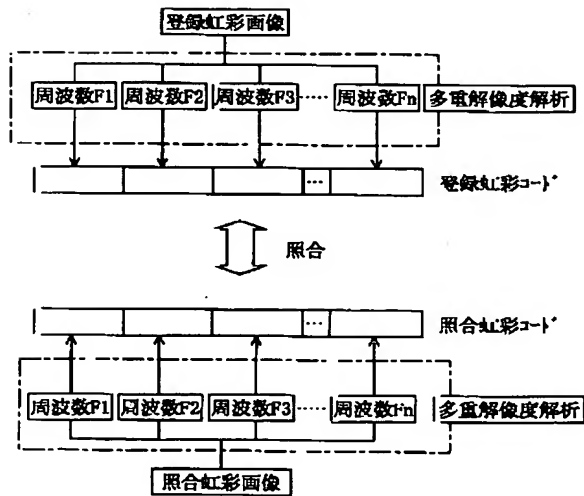
【図21】



【図23】



【図24】



【手続補正書】

【提出日】平成14年1月23日(2002. 1. 23)

【手続補正1】

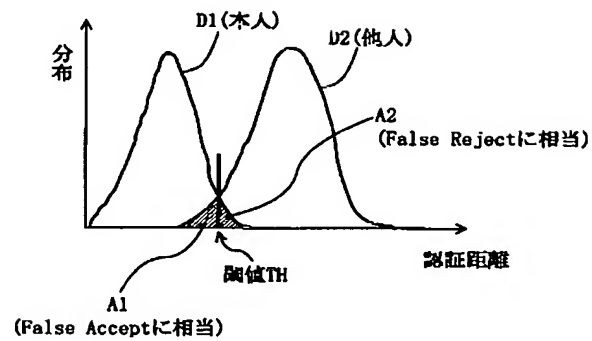
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図16

【補正方法】変更

【補正内容】

【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B043 AA09 BA04 CA09 DA05 FA02  
GA03  
5B085 AE23 AE25  
5J104 AA07 KA01 KA16 KA19 NA05